

SCIENCES SUP

*Cours*

1<sup>er</sup> cycle/Licence • CAPES • Agrégation

# PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

## 2. développement

6<sup>e</sup> édition

*René Heller  
Robert Esnault  
Claude Lance*

DUNOD

BL 14 / T 2

# PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

## 2. Développement

26043  $\frac{1}{2}$



**René Heller**

Professeur honoraire de physiologie végétale à l'université Paris VII  
Membre de l'Académie d'Agriculture

**Robert Esnault**

Professeur honoraire de physiologie végétale à l'université Paris VII

**Claude Lance**

Professeur honoraire de physiologie végétale à l'université Paris VI

6<sup>e</sup> édition

DUNOD

# TABLE DES MATIÈRES

Conventions d'écriture	XI
Avant-propos	XIII
<b>1. LE DÉVELOPPEMENT DES SPERMAPHYTES</b>	1
✓ 1.1. – Mèrese, auxèse et différenciation	1
✓ 1.2. – Ontogénèse de la paroi	4
x 1.3. – Développement des organes végétatifs	10
1.4. – Mise à fleur et cycles de développement	16
<b>2. CROISSANCE ET MORPHOGÉNÈSE VÉGÉTATIVE</b>	19
2.1. – Valeurs de la croissance	19
2.2. – Cinétique de la croissance	22
x 2.3. – Effets de la température	26
2.4. – Thermopériodisme	27
2.5. – Étiollement	28
x 2.6. – Effets de l'éclairement	30
2.7. – Les rythmes de croissance	33
2.8. – Corrélations morphogénétiques	37
<b>3. LES MOUVEMENTS DES VÉGÉTAUX</b>	40
3.1. – Mouvements à l'échelon cellulaire	40
3.2. – Tropismes et nasties : caractères généraux	42
3.3. – Le phototropisme	44
3.4. – Le gravitropisme (géotropisme)	48
3.5. – Autres tropismes	54
3.6. – Nyctinasties	56
3.7. – Séismonasties et thigmonasties	59
3.8. – Les mouvements révolutifs	62

<b>4. LES PHYTOHORMONES : PRINCIPALES FAMILLES</b> .....	<b>64</b>
4.1. – La notion d'hormone chez les végétaux .....	64
4.2. – Auxines .....	65
4.3. – Substances terpéniques : gibbérellines et acide abscissique .....	69
4.4. – Les cytokinines .....	74
4.5. – L'éthylène .....	77
4.6. – Autres régulateurs du développement .....	79
<b>5. LES PHYTOHORMONES DANS LA PLANTE</b> .....	<b>85</b>
5.1. – Méthodes de détection et de dosage .....	85
5.2. – Distribution dans la plante .....	87
5.3. – Le transport polarisé de l'auxine .....	90
5.4. – Applications aux tropismes .....	93
<b>6. LES PHYTOHORMONES : BIOSYNTHÈSE ET DÉGRADATION</b> .....	<b>96</b>
6.1. – Méthodologie : recours aux mutants .....	96
6.2. – Biosynthèse de l'auxine .....	97
6.3. – Biosynthèse des hormones terpéniques (gibbérellines, acide abscissique, brassinostéroïdes) .....	99
6.4. – Biosynthèse des cytokinines .....	103
6.5. – Biosynthèse de l'éthylène .....	105
6.6. – Biosynthèses diverses .....	107
6.7. – La dégradation des phytohormones .....	110
<b>7. RÔLE DES PHYTOHORMONES DANS LE DÉVELOPPEMENT VÉGÉTATIF</b> .....	<b>114</b>
7.1. – Auxèse .....	114
7.2. – L'auxine et l'élongation cellulaire .....	116
7.3. – Mèrese .....	120
7.4. – Croissance des organes végétatifs .....	121
7.5. – Abscission .....	123
7.6. – Caulogénèse .....	124
7.7. – Rhizogénèse .....	126
7.8. – La machinerie hormonale .....	128
<b>8. PERCEPTION ET TRANSDUCTION DES SIGNAUX HORMONAUX</b> .....	<b>135</b>
8.1. – Décryptage d'une chaîne de transduction .....	135
8.2. – Messagers secondaires et autres acteurs de la transduction .....	139
8.3. – L'ion $Ca^{2+}$ , messager secondaire (ou intracellulaire) .....	144
8.4. – L'acide abscissique et l'ouverture des stomates .....	146
8.5. – Auxine, cytokinine et division cellulaire .....	149

8.6. – Réponses à l'éthylène .....	153
8.7. – L'acide gibbérellique et l'activité de la couche à aleurone ; effet antagoniste de l'acide abscissique .....	159
<b>9. UTILISATIONS PRATIQUES DES PHYTOHORMONES ET AUTRES RÉGULATEURS DE CROISSANCE .....</b>	<b>165</b>
9.1. – La culture des organes et tissus isolés .....	165
9.2. – Besoins des cultures <i>in vitro</i> en phytohormones et vitamines .....	167
9.3. – Auxines de synthèse .....	172
9.4. – Structure et activité des auxines .....	174
9.5. – Biostimulants et réducteurs de croissance .....	176
9.6. – Herbicides : principales catégories .....	178
9.7. – L'emploi des herbicides et ses problèmes .....	183
<b>10. LES PRÉALABLES À LA FLORAISON, LA VERNALISATION .....</b>	<b>187</b>
10.1. – Le passage de l'état végétatif à l'état reproducteur .....	187
10.2. – Les facteurs liés à la plante .....	193
10.3. – La vernalisation .....	196
10.4. – Exigences des espèces .....	199
10.5. – Le traitement vernalisant .....	201
10.6. – Perception et transmission du stimulus .....	202
10.7. – Autres moyens d'acquisition de l'aptitude à fleurir, thermopériodisme .....	203
<b>11. LE PHOTOPÉRIODISME .....</b>	<b>206</b>
11.1. – Le photopériodisme .....	206
11.2. – Classification des espèces suivant leurs exigences .....	208
11.3. – Rapports avec la vernalisation et importance du photopériodisme .....	211
11.4. – L'induction photopériodique ou photoinduction .....	213
11.5. – Mécanismes .....	215
11.6. – Résumé des effets de la lumière sur le développement des plantes .....	218
<b>12. FORMATION DES FRUITS ET DES GRAINES .....</b>	<b>220</b>
12.1. – Le développement de la fleur .....	220
12.2. – Pollinisation et fécondation .....	221
12.3. – L'auto-incompatibilité .....	223
12.4. – La stérilité mâle cytoplasmique .....	226
12.5. – La croissance des fruits .....	227
12.6. – La maturation des fruits charnus .....	230

12.7. – Le développement de la graine .....	234
12.8. – Rôle des substances de croissance .....	239
<b>13. VIE LATENTE, DORMANCE, REPRISE DE LA VIE ACTIVE</b> .....	<b>243</b>
13.1. – La vie latente .....	243
13.2. – Les dormances des semences .....	245
13.3. – La photosensibilité des semences .....	248
13.4. – La germination des semences : conditions de réalisation .....	250
13.5. – Physiologie de la germination .....	253
13.6. – La dormance des bourgeons .....	260
13.7. – La dominance apicale .....	262
<b>14. LES PHOTORÉCEPTEURS DU DÉVELOPPEMENT</b> .....	<b>265</b>
14.1. – Caractéristiques de la lumière reçue .....	265
14.2. – Le phytochrome : découverte et propriétés générales .....	267
14.3. – Les divers phytochromes et leurs rôles .....	272
14.4. – La transduction du signal lumineux par le phytochrome .....	276
14.5. – Autres photorécepteurs .....	280
14.6. – Interactions entre photorécepteurs .....	283
14.7. – Photorécepteurs et horloges circadiennes .....	287
<b>15. CONTRÔLE GÉNÉTIQUE DU DÉVELOPPEMENT</b> .....	<b>291</b>
A. Développement végétatif .....	291
15.1. – Différenciation des méristèmes végétatifs .....	291
15.2. – La différenciation des structures épidermiques .....	297
B. Développement reproducteur .....	300
15.3. – Méristèmes et organes floraux .....	300
15.4. – De l'induction florale à la floraison .....	303
<b>16. LES INTERACTIONS PLANTES-MICROORGANISMES</b> .....	<b>307</b>
A. – Interactions plantes-agents pathogènes .....	307
16.1. – Caractères généraux .....	307
16.2. – Virulence, résistance et réactions de défense .....	311
16.3. – Éliciteurs et expression des gènes de défense .....	314
16.4. – Les phytoalexines .....	317
16.5. – Résistance systémique acquise .....	319
16.6. – Gènes impliqués dans le pouvoir pathogène, gènes d'avirulence et de résistance .....	321
16.7. – La transduction du signal pathogène : de la reconnaissance à la réponse .....	325
B. Interactions plantes-Rhizobiacées .....	328

16.8. - L'interaction plantes- <i>Agrobacterium tumefaciens</i> .....	328
16.9. - L'interaction plantes-bactéries symbiotiques .....	330
<b>17. TRANSFORMATION DES CELLULES ET OBTENTION DE PLANTES TRANSGÉNIQUES</b> .....	336
17.1. - Le crown gall et la transformation tumorale .....	336
17.2. - Mécanisme de la transformation .....	337
17.3. - Le T-DNA .....	339
17.4. - L' <i>Agrobacterium</i> et la transformation des plantes .....	341
17.5. - Autres techniques de transformation .....	345
17.6. - Les plantes transgéniques et l'agriculture .....	347
17.7. - Régénération des plantes et multiplication végétative .....	351
<b>Conclusion</b> .....	355
<b>Index alphabétique</b> .....	357

René Heller  
Robert Esnault  
Claude Lance

# PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

## 2. Développement

Cette nouvelle édition a subi de profonds remaniements pour tenir compte des acquis les plus récents de la physiologie du développement des végétaux et de la génétique moléculaire, sans négliger les applications agronomiques et écologiques.

Des compléments substantiels ont été apportés, notamment sur les phytohormones, les photorécepteurs, les relations plantes-pathogènes et la transgénèse. Deux chapitres entièrement nouveaux ont été introduits, sur la transduction du signal hormonal et sur le contrôle génétique du développement.

Cet ouvrage s'adresse aux étudiants des établissements d'enseignement supérieur, universitaires (1<sup>er</sup> cycle/Licence) et agronomiques, ainsi qu'aux candidats aux concours (grandes écoles, CAPES, agrégation). Les professeurs de lycée et les chercheurs et agronomes en exercice pourront également consulter cet ouvrage qui se veut tout à la fois d'initiation et de référence.



6<sup>e</sup> édition

### RENÉ HELLER

Professeur honoraire de physiologie végétale à l'université Paris VII.  
Membre de l'Académie d'Agriculture.

### ROBERT ESNAULT

Professeur honoraire de physiologie végétale à l'université Paris VII.

### CLAUDE LANCE

Professeur honoraire de physiologie végétale à l'université Paris VI.

MATHÉMATIQUES

PHYSIQUE

CHIMIE

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

INFORMATIQUE

SCIENCES DE LA VIE

SCIENCES DE LA TERRE



9 782100 487110



ISBN 2 10 048711 6

www.dunod.com

